

나노 크기 탄산인회석을 함유한 치약의 상아세관 폐쇄효과 및 지속력 평가

이수영¹, 권호근^{2,3,4}, 김백일^{2,3,4}

¹남서울대학교 치위생학과, ²연세대학교 치과대학 예방치과학교실, ³구강악안면조직재생연구센터, ⁴BK21

Occluding effect of dentinal tubule and sustaining power with dentifrice containing nano-carbonate apatite

Su-Young Lee¹, Ho-Keun Kwon^{2,3,4}, Baek-Il Kim^{2,3,4}

¹Department of Dental Hygiene, Namseoul University, ²Department of Preventive Dentistry & Public Oral Health, College of Dentistry, Yonsei University, ³Research Center for Orofacial Hard Tissue Regeneration, ⁴Brain Korea 21 Project

Objectives. The aim of this study was to evaluate the occluding effect of dentinal tubule and sustaining power with dentifrice nano-carbonate apatite *in vitro*.

Methods. In the first test, fifty dentin specimens were divided randomly into the following five groups; control group (baseline), experimental group (20% n-CAP), negative control group (0% n-CAP), and positive control groups (1: 10% SrCl₂ and 2: Er:Cr:YSGG laser). The specimens of each group were brushed for 50 strokes with a V8 Cross Brushing Machine or laser irradiation for 90 seconds. In the second test, the dentin specimens of four groups except the control group were immersed in demineralization solution (pH 4.8) for 3, 5, and 10 min after the first test. All the specimens were evaluated by SEM and quantified using an image analyzer. The results were analyzed by one-way ANOVA and Tukey's post hoc analysis using the SPSS 12.0 statistical package program.

Results. The 20% n-CAP group showed an occluding rate of 78% and significantly higher occlusion effects than the 0% n-CAP group, 10% SrCl₂ group and Er:Cr:YSGG laser group ($p < 0.05$). When immersed in acid solution for 3 min, the size of the dentinal tubule not almost increased (ED Highlight - meaning is completely unclear) in 20% n-CAP group and Er:Cr:YSGG group. These groups showed significantly higher sustaining power than the 0% n-CAP group ($p < 0.05$). However, there was a no significant difference in immersion time for 5 and 10 min.

Conclusions. The dentifrice containing 20% n-CAP was the most effective in occluding the dentinal tubules and showed superior sustaining power in the short-term.

Key Words: dentin hypersensitivity, Er:Cr:YSGG laser, nano-carbonate apatite, occlusion effect

색 인: 나노 탄산인회석, 상아세관 폐쇄효과, 상아질 지각과민증, Er:Cr:YSGG 레이저

서론

상아질 지각과민증은 노출된 상아질 치면에 온도변화, 기계적, 화학적 외부자극이 가해졌을 때 일시적으로

나타나는 짧고 예리한 통증이다^{1,2}. 이 증상은 치아의 협면이나 순면 치경부에서 90% 이상 발생하고 있으며³, 부적절한 칫솔질 방법, 치은퇴축, 교합의 부조화 등이 원인이 되어 이 부위의 상아질이 노출된다⁴. 현재까지 알려

투고일자: 2011. 11. 8, 심사일자: 2011. 12. 8, 게재확정일자: 2011. 12. 9

책임저자: 김백일, 연세대학교 치과대학 예방치과학교실, (120-752) 서울시 서대문구 성산로 250

Tel: 02-2228-3070, Fax: 02-392-2926, E-mail: drkbi@yuhs.ac

진 바에 의하면 상아질 지각과민증의 가장 유력한 기전은 Brännström에 의해 제시된 유체역학설(hydrodynamic theory)^{5,6)}로서 상아세관내 급속한 유체의 이동에 의해 자극이 치수에 전달된다는 것이다. 그러므로 지각과민 증상을 완화시키기 위해서 상아세관액의 이동을 감소하거나 상아질 투과도를 감소시키는 방법으로 접근되어왔다. 상아질 투과도에 영향을 미치는 요인으로는 상아세관의 수, 직경, 길이, 유체의 점조도 등이 있으나 그 중에서도 개방된 상아세관의 수와 직경이 가장 중요한 요소로 알려져 있다^{7,8)}. 선행연구⁹⁾에서는 주사전자현미경으로 발거치아를 관찰한 결과, 지각과민증이 나타나는 치아는 지각과민증상이 없는 치아에 비해 상아세관의 수가 면적당 8배 정도 많고, 직경은 2배 정도 넓다고 보고하였다. 또한 상아세관의 직경이 2배 증가할 경우 투과도가 16배 증가하여 직경의 작은 변화가 투과도에 큰 영향을 미칠 수 있다고 보고한 바 있다¹⁰⁾.

따라서 지각과민 완화제의 기전도 신경의 활성도를 차단하거나 상아세관액의 흐름을 막기 위해 개방된 상아세관을 밀봉하는 방법에 초점을 두고 있는 것이다¹¹⁾.

지각과민증을 완화시키기 위해 사용되는 제품들은 다양하지만, 지각과민증 환자들은 주로 경제적이고 사용이 편리한 지각과민 완화 치약을 이용하고 있다. 이러한 치약에는 strontium chloride^{12,13)}, calcium carbonate¹⁴⁾, sodium fluoride^{15,16)}, silica^{17,18)}, hydroxyapatite^{19,20)}, potassium ion¹⁾ 등이 유효성분으로 포함되어 상아세관을 물리적으로 폐쇄하거나 자극에 대한 민감성을 감소시킨다. 이 중에서 염화스트론튬(strontium chloride, SrCl_2)은 지각과민 완화 효과를 입증한 최초의 성분이며, 임상연구에서도 이 성분이 함유된 치약의 과민성 억제효과가 75.5%에 달한다고 보고하였다²¹⁾. 최근에는 나노 크기의 탄산인회석(nano-carbonate apatite, n-CAP) 성분이 포함된 치약이 개발되어 지각과민 완화제품으로 시판되고 있다. 탄산인회석 성분은 물리적, 화학적 성질이 순수 수산화인회석과는 다르며 치아 및 골조직에 존재하는 biologic apatite에 가깝다고 알려져서 수산화인회석보다 높은 생체친화성을 갖는다. 또한 나노 단위의 미세한 입자크기로 제작함으로써 마이크로 크기의 수산화인회석보다 표면적이 증가한다. 탄산인회석의 이러한 특성으로 최근에는 임플란트 코팅재료와 골대체제로 널리 이용되고 있다. 선행연구 결과에 따르면, 상아세관 폐쇄에 있어서 n-CAP

의 가장 최적의 농도는 20%라고 보고하였고, 이 농도는 대표적인 지각과민 완화 치약인 SrCl_2 함유 치약보다 상아세관 폐쇄에 더 효과적이라고 보고하였다²²⁾. 또한 최근 치과임상에서 지각과민 치료에 새롭게 적용되고 있는 장비는 흔히 물방울 레이저로 알려진 Er:Cr:YSGG 레이저이다. 이 레이저는 Er:YAG 레이저 계통으로 조사 시 물이 공급되어 열에 의한 치질 손상을 감소시킨다. 그러나 아직까지 국내에서는 지각과민 치료에 Er:Cr:YSGG 레이저의 효과를 보고한 연구는 없고, 해외에서도 지각과민 완화 메커니즘을 찾는 정도이거나 레이저 단독으로 지각과민 치료에 적용하여 효과를 입증하는 연구에 그치고 있다^{11,23)}.

지각과민증을 효과적으로 치료하기 위해서는 증상을 즉시 완화시키는 것도 중요하지만 동시에 그 효과가 장기간 지속되는 것이 중요하다. 구강내 환경은 치아에 다양한 변화를 일으킬 수 있는 타액이 존재하고, 섭취하는 음식물에 의해 산성환경에 쉽게 노출될 수 있는 상황이다. 이러한 환경에서 상아세관 폐쇄효과가 얼마나 지속되는지에 따라서 지각과민 치료의 성패가 좌우된다고 볼 수 있다.

이에 본 연구에서는 자동왕복 칫솔질을 통해 n-CAP이 함유된 치약의 상아세관 폐쇄효과를 알아보고, 탈회용액에 단순 침적하여 유효성분의 지속력을 평가하고자 하였다.

연구재료 및 방법

1. 연구재료

본 실험에서는 3종류의 치약과 1종류의 레이저를 이용하여 평가하였다. 실험군은 지각과민 유효성분으로 20% n-CAP이 함유되어 있고 치약의 마모제로 8% silica 성분이 포함된 치약(덴티가드[®], 대웅제약, Korea)을 실험군 1로 정하였고, 실험군 2는 Er:YAG 레이저 계통인 Er:Cr:YSGG(Waterlase[®]MD, Biolase, Inc. USA) 레이저로 선정하였다. 그리고 다른 성분은 동일하지만 20% n-CAP 성분만 배제된 치약을 음성대조군으로 정하였고, 양성대조군은 대표적인 지각과민 완화치약인 10% SrCl_2 이 함유된 치약(센소다인[®], Glaxo Smith Kline, USA)을 사용하였다. 실험에 사용된 모든 치약에는 불소가 포함되어 있지 않았다.

2. 연구방법

2.1. 치아시편 제작: 실험에 사용된 상아질 시편은 최근에 발거된 치아우식증이 없는 사람의 구치부 치아를 이용했으며, 치근에 붙어 있는 연조직들을 제거하고 증류수로 세척하여 냉동 보관하였다. 상아질 시편은 치아의 상아법랑경계 부위에서 횡단면으로 절삭하여 치근부만 사용하였다. 치근의 표면이 수평으로 매몰될 수 있도록 acrylic resin을 이용하여 teflon mold (19×12×8 mm)에 1차 매몰하였다. 상아질 표면을 평평하게 노출시키기 위해 polishing machine (RB 209 Minipol, R&B Inc, Korea)를 이용하여 silicone carbide paper (600~2,000 grits)로 연마하였다. 시편간의 차이를 최소화하기 위해 1차 매몰된 하나의 상아질 시편에서 2×2 크기로 각 5개의 시편을 획득하였고, 처치 후 표면 손상 없이 시편을 재획득하기 위하여 vinyl poly siloxane을 이용하여 five-hole acrylic mold를 제작하여 2차 매몰하였다. 완성된 모든 시편은 6% citric acid로 2분간 산 처리하여 상아세관을 완전히 개방시켰다.

2.2. 처치

2.2.1. 상아세관 폐쇄: 상아세관 폐쇄에 대한 실험에서는 상아세관이 완전히 개방된 대조군을 포함하여 총 5군 이므로, 완성된 98개의 시편 중 시편제작 순서에 따라서 군당 10개씩 분류하였다. 치약을 사용하는 군은 자동칫솔질 기계인 V-8 Cross Brushing Machine(V-8 Cross Brushing Machine[®], Sabri, USA)을 이용하였고 시편에 닿는 칫솔의 힘은 150 g으로 표준화시켰으며, 분당 50회 속도로 칫솔질을 시행하였다. 치약 슬러리는 매 처치마다 치약과 증류수를 1 : 3으로 희석하여 사용하였다. 칫솔질 후 시편을 증류수로 세척하고 acrylic mold에서 조심스럽게 분리한 다음 60°C의 dry oven에서 24시간동안 건조시켰다. 레이저 처치군은 지각과민 치료에 적합한 옵션을 선택하여 3단계로 나누어 레이저를 조사하였다. 1단계와 2단계는 물이 공급되는 시스템이고(0.25 W, 20 pps, 16% water, 16% air), 마지막 3단계에서는 물이 나오지 않도록 설정하여 사용하였다. 각 단계별로 30초씩 레이저를 조사하였고, 이때 시편과 레이저 tip 간의 거리는 2~3 mm가 되도록 유지하였다.

2.2.2. 산 노출에 대한 유효성분의 지속력 평가: 나머지 48개의 시편은 대조군을 제외한 총 4군에 12개씩 분류하였다. 각 군당 산 노출시간은 3, 5, 10분이었고, 노출시간마

다 각각 4개의 시편이 이용되었다.

유효성분의 지속력 평가를 위해서는 상아세관 폐쇄효과 실험과정을 반복한 후 탈회용액(pH 4.8)에서 단순 침적하였다. 각 군당 4개의 시편을 하나의 용기에 담고 20 mL의 용액에서 3, 5, 10분간 단순침적 한 후 증류수로 세척하고 SEM촬영을 위해 dry oven에서 24시간동안 건조시켰다.

2.3. 평가방법: 처치 후 모든 시편의 상아세관 면적변화를 관찰하기 위해 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM, FE SEM-S800[®], Hitachi Ltd., Japan)을 이용하였다. 모든 시편은 무작위로 3 군데씩 선정되었고 한 부위 당 500배와 3,000배에서 각각 관찰하였다. 상아세관 폐쇄 정도를 정량화하기 위해 image analyzer (Image-Pro PLUS v6.0[®], Media Cybernetics, Silver Spring, MD, USA)를 이용하여 상아세관의 면적을 측정하였다. 이때 분석프로그램에서 측정값을 “면적”으로 설정하고 SEM사진에 나타난 모든 상아세관의 경계선을 구분하여 경계선 내부의 픽셀값을 자동으로 계산하는 방식이었다. 개방된 상아세관의 수를 세거나 무작위로 측정한 선행연구¹⁸⁾와는 달리 본 연구에서는 SEM 사진 상에 나타난 모든 상아세관의 크기를 측정하여 각 군의 평균값으로 평가하였다.

2.4. 통계분석: 상아세관 폐쇄효과 및 산 노출 상황에서 유효성분의 지속력 평가를 위해서 일요인 분산분석을 이용하여 분석하였으며, 다중비교를 위해 Tukey 검정을 시행하였다. 모든 통계 분석은 SPSS (version 12.0) 통계 프로그램을 이용하였다.

연구성적

1. 상아세관 폐쇄효과

각 군의 시편을 50회 수평왕복동작으로 칫솔질을 하거나 90초간 레이저를 조사한 후 상아세관의 크기를 비교한 결과, 모든 군은 baseline에 비해서 상아세관의 면적이 감소하였고, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 이때 대조군은 6% citric acid로 처리하여 상아세관이 완전히 개방된 상태의 상아세관 면적을 의미한다. 본 연구에서 대조군의 상아세관 평균 면적이 $5.63 \mu\text{m}^2$ 로 나타났는데, 이러한 결과는 개방된 상아세관의 평균 면적이 $5.26 \mu\text{m}^2$ 라고 보고한 선행연구²⁴⁾와도 매우 유사

한 결과였다.

실험군 1은 50회 칫솔질 후 baseline에 비해서 78%정도 상아세관이 폐쇄된 것으로 나타났으며, 실험군 2 (40%), 음성대조군(24%), 양성대조군(30%)과 보다 통계적으로 유의하게 높은 폐쇄율을 보였다($p<0.05$). 실험군 2, 음성대조군, 양성대조군은 통계적으로 군간 차이는 없는 것으로 나타났다(Table 1).

Fig. 1은 칫솔질 또는 레이저 조사 후 각 군의 상아세관 크기변화를 보여주고 있다. Baseline에서는 산 처리되어 시편의 표면이 깨끗하고 상아세관이 완전히 개방되어 있으며, 직경이 크고 개방된 상아세관의 수가 많다는 것을 알 수 있다(Fig. 1A). 반면에 20% n-CaP이 포함된

치약으로 50회 칫솔질을 시행한 군에서는 n-CaP 성분으로 추정되는 미세한 입자들이 시편 표면에 치밀하게 결합되어 상아세관이 거의 대부분 폐쇄된 것으로 관찰되었다(Fig. 1B). 레이저군의 시편은 표면이 매끄럽지만 레이저 조사에 의해 표면이 용해되면서 상아세관의 크기가 다소 감소되어 있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 1E).

2. 산 노출 상황에서 유효성분의 지속력 평가

상아세관 폐쇄효과가 어느 정도 지속되는지를 평가하기 위해서 상아세관 폐쇄 실험과정을 동일하게 시행한 후 pH 4.8로 조정된 탈회 용액에 단순 침적한 결과는 Table 2와 같았다.

Table 1. Area of dentinal tubule in each group after treatment

unit: μm^2

Groups		N	Max.	Min.	Mean \pm SD
Control	Baseline	10	6.96	3.58	5.63 \pm 1.04 ^a
Experiment 1	20% n-CaP	10	1.57	0.72	1.24 \pm 0.28 ^c
Experiment 2	Er:Cr:YSGG	10	4.52	1.65	3.38 \pm 0.96 ^b
Negative control	0% n-CaP	10	7.09	2.50	4.28 \pm 1.38 ^b
Positive control	10% SrCl ₂	10	5.04	2.51	3.95 \pm 0.85 ^b

^{a,b,c}The same characters are not significant by Tukey's multiple comparison at $\alpha=0.05$.

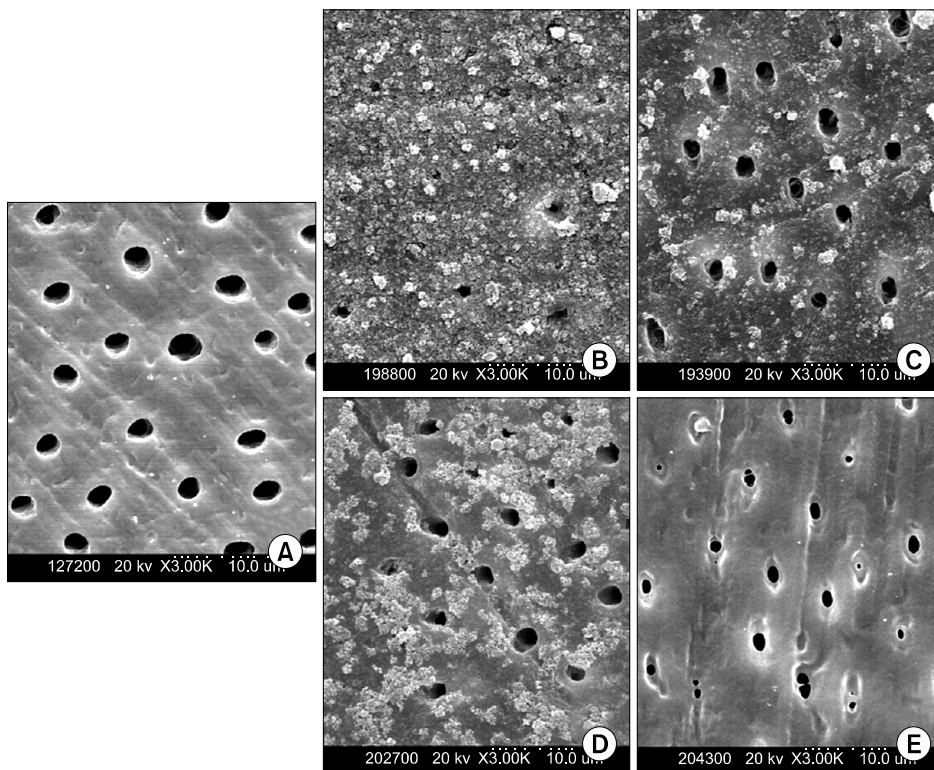
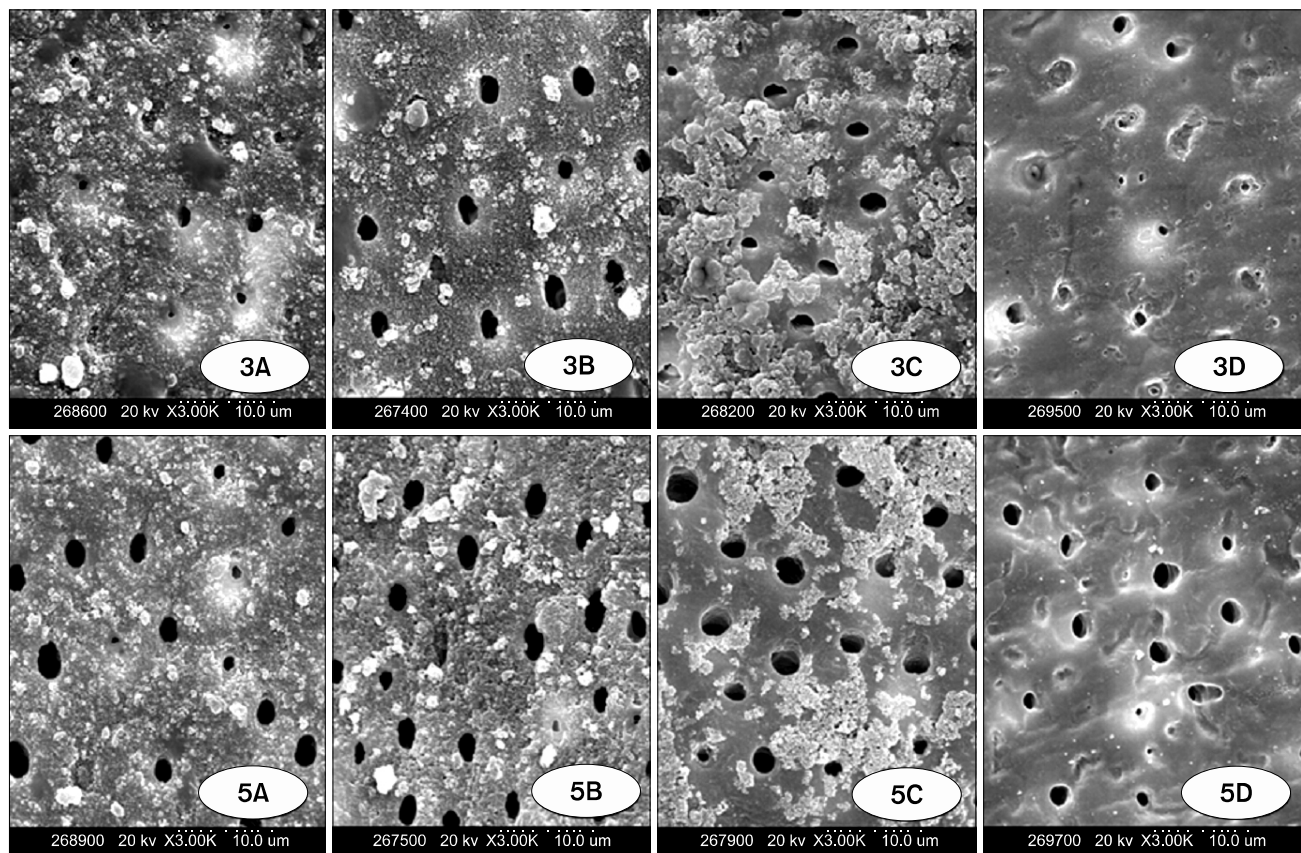


Fig. 1. Fe-SEM images ($\times 3,000$) of dentin specimens after tooth-brushing for 50 strokes or laser treatment 90 sec (A: baseline, B: 20% n-CaP, C: 0% n-CaP, D: 10% SrCl₂, E: Er:Cr:YSGG laser).

Table 2. Area of dentinal tubule after acid treatment for 3, 5, 10 minunit: μm^2

Groups	N	Immersion time		
		3 min	5 min	10 min
20% n-CAP	12	1.99±0.74 ^a	3.92±0.75 ^a	3.88±1.18 ^a
Er:Cr:YSGG laser	12	1.69±0.58 ^a	2.98±1.14 ^a	3.95±0.35 ^a
0% n-CAP	12	3.98±0.60 ^b	4.00±1.18 ^a	4.30±0.79 ^a
10% SrCl ₂	12	2.86±1.00 ^{ab}	4.16±0.52 ^a	4.01±0.85 ^a

Value are reported as the Mean±Standard deviation.

^{a,b}The same characters are not significant by Tukey's multiple comparison at $\alpha=0.05$.**Fig. 2.** Fe-SEM images ($\times 3,000$) of dentin specimens after acid treatment (A: 20% n-CAP, B: 0% n-CAP, C: 10% SrCl₂, D: Er:Cr:YSGG laser / 3: Immersion in demineralization solution for 3 min, 5: Immersion in demineralization solution for 5 min).

3분 동안 탈회용액에 노출했을 때, 실험군 1 (20% n-CAP)과 실험군 2 (Er:Cr:YSGG 레이저)의 상아세관 면적이 $2\mu\text{m}^2$ 이하로 나타나 상아세관의 입구가 여전히 폐쇄되어 있는 것을 확인할 수 있었고, 이는 음성대조군 (0% n-CAP)에 비해 통계적으로 유의하게 상아세관의 면적변화가 작은 것으로 나타났다($p<0.05$). 그러나 5분 이상 탈회용액에 침적한 경우에는 실험군 2 (Er:Cr:YSGG

레이저)의 상아세관 면적이 다소 작게 나타났으나, 군간 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

SEM사진 상에서도 3분간 산 처리한 경우에 20% n-CAP군은 유효성분으로 추정되는 미세입자가 시편 표면을 덮고 있어서 상아세관의 대부분이 폐쇄되어 있는 것으로 관찰되었고, 레이저 처리군도 상아질 표면이 용해되어 상아세관의 입구가 거의 밀봉되었으므로 이 두

군은 3분 동안 산 노출 상황 하에서 상아세관 폐쇄효과가 지속되는 것으로 관찰되었다(Fig. 2: 3-A, 3-D). 그러나 5분 동안 탈회용액에 침적했을 때는 모든 군의 상아세관이 대부분 개방된 것으로 보아 5분 이상 산 공격에 대해서는 저항성이 약하다는 것을 확인 할 수 있었다(Fig. 2: 5A-5D).

고안

상아질 지각과민증은 치과임상에서 흔히 접하는 증상이고, 일반적으로 불소제재 및 바니쉬, 레진 등을 치료에 이용하고 있지만 아직까지 만족할만한 치료법은 없는 실정이다. 상아질 노출은 잘못된 칫솔질 방법이나 이갈이 등의 비정상적인 습관, 교합과 연관된 치아마모증 및 산이나 식이습관에 의한 법랑질 소실이 있거나 치은퇴축에 의해 발생된다²⁵⁾.

상아질 지각과민증이 있는 치아를 주사전자현미경으로 관찰한 결과 상아세관이 열려 있었고 개방된 상아세관의 수와 직경이 증가되어 있는 반면 자연적으로 탈감작된 상아질에서는 상아세관이 수산화인회석 결정체로 막혀 있다고 보고하였다²⁶⁾. 이러한 결과는 개방된 상아세관을 폐쇄하는 방법이 대표적인 지각과민증 치료법이라는 결론을 뒷받침해 주고 있는 것이다. 그러나 calcium hydroxide, stannous hydroxide, calcium oxalate, ferric phosphate와 같은 결정체에 의한 상아세관 폐쇄는 단기간 효과는 있지만 시간이 지남에 따라 구강내에서 이러한 성분들이 서서히 용해된다고 보고하였다²⁷⁾.

지각과민증을 치료하기 위해 이용되는 제품은 치수에 자극이 없어야 하며, 적용시 통증이 없고, 쉽게 이용할 수 있으며 효과가 신속하게 나타나고 장기간 효과가 지속되어야 한다는 요구조건을 제시하였고²⁸⁾, 이러한 조건은 지금까지도 통용되고 있다. 현재 치수에 위해작용 없이 간편하게 이용할 수 방법으로 주로 치약을 많이 사용하고 있다.

선행연구²⁴⁾에 따르면, 지각과민 완화치약으로 처음으로 입증되어 현재까지도 널리 이용되고 있는 SrCl₂ 성분이 함유된 치약보다 n-CAP 함유 치약의 상아세관 폐쇄효과가 34% 정도 더 우수하다고 보고하였다. 그러나 이 연구에서는 단순왕복동작의 칫솔질을 통해 폐쇄정도만을 평가하였기에 그 효과가 얼마나 지속되는지에 대해

서는 알 수가 없었다. 이에 본 연구는 n-CAP 함유 치약의 상아세관 폐쇄효과를 재평가하고 이를 산에 노출시킨 다음 지속력을 확인하고자 진행되었다. 20% n-CAP 함유 치약을 실험군 1, Er:Cr:YSGG 레이저를 실험군 2로 배정하고, n-CAP 성분만 배제된 동일한 치약을 음성대조군, SrCl₂ 치약을 양성대조군으로 정하였다. 치약을 이용한 세 군은 자동칫솔질 기계를 이용하여 수평왕복동작으로 50회 칫솔질을 시행하고 상아세관의 폐쇄정도를 평가하였다. 이때 칫솔질 횟수를 50회로 산정한 이유는 선행연구¹⁸⁾에서 SrCl₂ 치약은 장시간 사용보다 1분간 칫솔질했을 때 상아세관 폐쇄에 가장 효과적이라고 보고 한 바 있고, Lee 등²⁴⁾은 20% n-CAP 함유 치약으로 100회, 500회 칫솔질했을 때 보다 50회 칫솔질 할 때 폐쇄효과가 가장 크다고 보고하였다. 이러한 결과는 지각과민 완화제품의 요구조건 중 효과가 신속히 나타나야 한다는 내용에도 부합되므로 본 연구에서는 자동칫솔질 기계를 분당 50회 속도, 왕복운동 하도록 설정하여 사용하였다. 20% n-CAP 치약군의 상아세관 폐쇄율이 78%로 가장 높게 나타났으며 다른 군에 비해 통계적으로 유의하게 높은 수준이었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 79.5%의 상아세관 폐쇄효과를 보인 선행연구²⁴⁾ 결과에 매우 유사한 수준으로 실험과정에 오류 없이 재평가된 결과로 볼 수 있다. SEM사진 상에서도 실험군은 n-CAP 성분으로 추정되는 미세한 입자들이 개방된 상아세관 표면을 대부분 덮고 있는 것으로 관찰되었고, 그 결과 상아세관이 완전히 개방된 baseline에 비해서 상아세관의 수도 월등히 감소하였으며 면적도 1/4 이하로 줄어들었다(Fig. 1). n-CAP은 표면적이 넓고 반응성이 매우 높아서 입자 자체의 부착능력이 뛰어나므로 본 연구의 결과처럼 산 처리된 불규칙한 시편표면에 칫솔질에 의해 형성된 도말층과 함께 많은 n-CAP 입자들이 두껍게 보호층을 형성하여 상아세관을 덮고 있는 것으로 사료되었다. 이처럼 상아세관 폐쇄효과를 평가한 후 모든 군의 시편은 pH 4.8로 조정된 탈회용액에 3분, 5분, 10분간 단순 침적하여 유효성분의 지속력을 관찰하였다. 3분 동안 산 처리한 결과, 유효성분이 포함되지 않은 음성대조군(0% n-CAP)보다 20% n-CAP 치약군과 레이저 처치군의 상아세관 크기가 각각 50%, 42% 감소된 것으로 나타났으며, 음성대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 그러나 5분 이상 탈회용액에 침적했을 때는 모

든 군의 시편표면에서 유효성분이 제거되면서 비슷한 수준으로 상아세관이 개방되어 지속력이 없는 것으로 나타났다(Table 2). 이러한 결과로 미루어 보아 단시간 산 노출상황에서는 n-CAP 보호층이 그대로 유지되어 산 공격에 견디는 정도가 크다고 볼 수 있다. 이는 n-CAP이 짧은 시간 산성 환경에서는 칼슘과 인산 이온을 제공하여 상아세관을 덮고 있는 보호층을 유지해줌으로써 상아질 내부로 산이 침투되는 것을 억제한 결과로 사료된다. 그러나 상대적으로 긴 산성 환경에서는 칼슘과 인산 이온이 대부분 용해되어 표면의 n-CAP 보호층이 소실된 것으로 여겨진다.

본 연구에 사용된 Er:Cr:YSGG 레이저는 Er:YAG 레이저보다 표면온도를 더 높게 상승시킬 수 있으므로 상아질의 무기질 함량이나 화학적으로 표면 변화를 일으키게 되는데²⁹⁾, 레이저 조사에 의해 상아질 시편 표면이 용해되면서 노출된 상아세관에 불용성 염류가 침착하므로 상아세관이 폐쇄되는 것이다¹¹⁾. 이러한 기전에 의해 폐쇄된 상아세관은 짧은 시간 산 노출 상황에서는 유지되는 것으로 나타났다. 이상의 결과로 보아, 20% n-CAP 치약은 상아세관 폐쇄에 가장 효과적이며 단시간 산 노출 상황 하에서는 산에 대한 저항성이 증가하여 효과가 지속되므로 지각과민 완화치약으로 활용도가 높을 것으로 보여진다.

그러나 본 연구는 구강내 환경을 충분히 반영하지 못하고, 수평왕복동작의 칫솔질에 의한 실험이어서 폐쇄 효과가 극대화되었다는 점과 단순히 산성 탈회용액에 침적하여 평가했기 때문에 타액에 의한 간접적인 효과가 배제되었다는 한계점을 갖는다. 따라서 향후 연구에서는 실제 구강내 상황에 가깝게 모사된 pH cycling 모델에 적용하여 평가할 필요가 있다고 사료되는 바이다.

결론

본 연구는 지각과민 완화제품으로 이용되는 20% n-CAP 함유 치약의 상아세관 폐쇄효과와 상아세관을 덮고 있는 유효성분의 지속력을 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 상아세관이 완전히 개방된 시편에 50회 수평왕복동작으로 칫솔질을 하거나 90초간 레이저를 조사한 후 상아세관의 크기를 비교한 결과, 20% n-CAP군은 다른 군

에 비해서 상아세관의 면적이 크게 감소하였고, 상아세관 폐쇄율이 78%로 가장 높게 나타났다. 또한 0% n-CAP군, 10% SrCl₂군, Er:Cr:YSGG 레이저군에 비해서 통계적으로 유의하게 상아세관 폐쇄효과가 높게 나타났다($p < 0.05$).

2. 20% n-CAP가 함유된 치약으로 50회 칫솔질 한 후 SEM사진 상에서는 n-CAP로 추정되는 미세한 입자에 의해 보호층을 형성되어 상아세관이 거의 폐쇄되었다. 그러나 다른 군들은 상아세관이 일부 폐쇄되긴 했지만 baseline과 비슷한 양상을 보였다.

3. 유효성분의 지속력을 평가하기 위해서 탈회 용액에 단순 침적한 결과, 3분 동안 산 처리된 상황에서는 20% n-CAP 치약군과 Er:Cr:YSGG 레이저군이 유효성분이 없는 음성대조군에 비해 상아세관의 크기가 각각 50%, 58% 정도 작게 나타났으므로 음성대조군에 비해 통계적으로 유의하게 높은 수준의 지속력을 보였다($p < 0.05$). 그러나 산 노출시간이 5분 이상 길어질수록 상아세관의 크기는 다시 증가하였고, 군 간에 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

이상의 결과를 종합해보면 20% n-CAP 성분이 포함된 치약이 통계적으로 유의한 수준으로 상아세관 폐쇄효과가 뛰어났고, 단 시간내 산 노출 상황에서도 폐쇄효과가 지속되었으므로 20% n-CAP 치약은 지각과민 감소에 효과적이라고 사료되는 바이다.

참고문헌

1. Jacobsen PL, Bruce G. Clinical dentin hypersensitivity: understanding the causes and prescribing a treatment. *J Contemp Dent Pract* 2001;15(2):1-12.
2. Holland GR, Narhi MN, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R. Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentin hypersensitivity. *J Clin Periodontol* 1997;24(11):808-813.
3. Orchardson R, Collins WJ. Clinical features of hypersensitive teeth. *Br Dent J* 1987;162(7):253-256.
4. Schwarz F, Arweiler N, Georg T, Reich E. Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentin. *J Clin Periodontol* 2002;29(3):211-215.
5. Brannstrom M. Sensitivity of dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966;21(4):517-526.
6. Brannstrom M, Astrom A. The hydrodynamics of the dentin; Its possible relationship to dentinal pain. *Int Dent J* 1972;22(2): 219-227.
7. Kawasaki A, Ishikawa K, Suge T, Shimizu H, Suzuki K, Matsuo T, et al. Effects of plaque control on the patency and occlusion

- of dentin tubules in situ. J Oral Rehabil 2001;28(5):439-449.
8. West N, Addy M, Hughes J. Dentin hypersensitivity: the effects of brushing desensitizing toothpastes, their solid and liquid phases, and detergents on dentin and acrylic: studies *in vitro*. J Oral Rehabil 1998;25(12):885-895.
9. Yoshiyama M, Suge T, Kawasaki A, Ebisu S. Morphological characterization of tube-like structures in hypersensitive human radicular dentine. J Dent 1996;24(1-2):57-63.
10. Rimondini L, Baroni C, Carrass A. Ultrastructure of hypersensitive and non-sensitive dentine. A study on replica models. J Clin Periodontol 1995;22(12):899-902.
11. Yilmaz HG, Cengia E, Kurtulmus-Yilmaz S, Leblebicioglu B. Effectiveness of Er,Cr:YSGG laser on dentine hypersensitivity: a controlled clinical trial. J Clin Periodontol 2011;38:341-346.
12. 이석란, 김종열. SrCl₂ 함유치약의 상아세관 레이저효과 평가에 있어 Epoxy Resin Replica 응용에 관한 연구. 대한구강보건학회지 1992;16(1):129-146.
13. Gedalia I, Breyer L, Stabholz A, Shapira L. Clinical evaluation of the effectiveness of aminfluoride fluid, aminfluoride gelée, and strontiumchloride paste in relieving dentin sensitivity. Pharm Acta Helv 1987;62(7):188-190.
14. Paes Leme AF, Dos Santos JC, Giannini M, Wada RS. Occlusion of dentin tubules by desensitizing agents. Am J Dent 2004; 17(5):368-372.
15. Tal M, Oron M, Gedalia I, Ehrlich J. X-ray diffraction and scanning electron microscope investigations of fluoride-treated dentin in man. Arch Oral Biol 1976;21(5):285-290.
16. Tarbet WJ, Silverman G, Stolman JM, Fratarcangelo PA. An evaluation of two methods for the quantitation of dentinal hypersensitivity. J Am Dent Assoc 1979;98(6):914-918.
17. Addy M, Mostafa P. Dentin hypersensitivity II. Effects produced by the uptake in vitro of toothpastes onto dentin. J Oral Rehabil 1989;16(1):35-48.
18. West NX, Hughes JA, Addy M. Dentin hypersensitivity: the effects of brushing toothpaste on etched and unetched dentin in vitro. J Oral Rehabil 2002;29(2):167-174.
19. Tarbet WJ, Silverman G, Fratarcangelo PA, Kanapka JA. Home treatment for dentinal hypersensitivity: a comparative study. J Am Dent Assoc 1982;105(2):227-230.
20. 임상철, 최진근, 허 익, 이만섭. 치주질환 치료후 미세결정형 수산 화인회석 함유치약의 지각과민 억제 효과에 관한 임상적 연구. 대한치주과학회지 1993;23(1):127-133.
21. Uchida A, Wakano Y, Fukuyama O, Miki T, Iwayama Y, Okada H. Controlled clinical evaluation of a 10% strontium chloride dentifrice in treatment of dentin hypersensitivity following periodontal surgery. J Periodontol 1980;51(10):578-581.
22. Lee SY, Jang SO, Kwon HK, Cho YS, Kim BI. Occlusion effect of dentinal tubule of the dentifrice containing nano-sized carbonate apatite. Key Engineering Materials 2007;342:821-824.
23. Schwarz F, Arweiler N, Georg T, Reich E. Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentin. J Clin Periodontol 2002;29(3):211-215.
24. Lee SY, Kwon HK, Kim BI. Effect of dentinal tubule occlusion by dentifrice containing nano-carbonate apatite. J Oral Rehabil 2008;35(11):847-853.
25. Darby W. Dental hygiene theory and practice. 2nd ed. Missouri: Saunders;1995:685-691.
26. Yoshiyama M, Masada J, Uchida A, Ishida H. Scanning electron microscopic characterization of sensitive vs. insensitive human radicular dentin. J Dent Res 1989;68(11):1498-1502.
27. Jain P, Vargas MA, Denehy GE, Boyer DB. Dentin desensitizing agents: SEM and X-ray microanalysis assessment. Am J Dent 1997;10(1):21-26.
28. Addy M, Dowel P. Dentin hypersensitivity-a review. Clinical and in vitro evaluation of treatment agents. J Clin Periodontol 1983; 10(4):351-363.
29. Harashima T, Kinoshita J, Kimura Y, Brugnera A, Zanin F, Pecora JD, et al. Morphological comparative study on ablation of dental hard tissues at cavity preparation by Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers. Photomedicine and Laser Surgery 2005; 23(1):52-55.